



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

#### **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**“Eficiencia de las micro-nano burbujas de ozono-aire para mejorar la  
calidad de las aguas residuales hospitalarias, Lima 2017”**

**AUTORA:**

**Deessiree Valery Menendez Ortiz**

**ASESOR:**

**Dr. Ing. Jhonny Wilfredo Valverde Flores**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Tratamiento y gestión de los residuos**

**Lima – Perú**

**2017 - I**

---

Dr. Ing. Elmer Benites Alfaro  
PRESIDENTE

---

Dr. Ing. Cesar Jimenez Calderon  
SECRETARIO

---

Dr. Ing. Valverde Flores, Jhonny  
VOCAL

### Dedicatoria

Con mucho cariño a mi querida madre Velia Ortiz por su apoyo incondicional y porque siempre confió en mí.

## Agradecimiento

A Dios por ser mi guía espiritual y darme una linda familia, excelentes docentes y sobre todo mucha salud. A mi madre Velia, a mi hermano Américo, a mi tía Mary, a mi querido Arnaldo, a mi hija Bimba y demás familiares, por su invalorable apoyo que me dio la oportunidad de lograr esta meta importante de mi vida.

Un agradecimiento especial a mi asesor Dr. Ing. Jhonny Valverde por su sapiencia y paciencia.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Menendez Ortiz Deessiree Valery, estudiante de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo, identificado con DNI: 47162607 y código universitario: 6700240137, con la tesis titulada **“Eficiencia de las micro-nano burbujas de ozono-aire para mejorar la calidad de las aguas residuales hospitalarias, Lima 2017”**.

Declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Así mismo, declaro también que en general los datos e información incluidos en la presente tesis son auténticos y veraces.

Finalmente, asumo toda la responsabilidad ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información, por lo que me someto a lo establecido en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, 24 de julio del 2017

.....  
Menendez Ortiz, Deessiree Valery

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	9
1.1.	Realidad Problemática.....	10
1.2.	Trabajos previos .....	11
1.3.	Conceptos relacionados al tema.....	14
1.4.	Formulación del problema.....	21
1.5.	Justificación del estudio.....	21
1.6.	Hipótesis .....	22
1.7.	Objetivo .....	22
II.	MÉTODO .....	24
2.1.	Tipo y Diseño de investigación .....	24
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	27
2.5.	Métodos de análisis de datos .....	30
2.6.	Aspectos éticos .....	31
III.	RESULTADOS.....	32
3.1.	Procedimiento para la obtención de resultados.....	33
3.1.	Resultados de las características de las micro-nano burbujas .....	42
3.2.1	Análisis estadístico de los resultados.....	44
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
VIII.	ANEXOS .....	68

## LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla N° 1. Variables y Operacionalización

Tabla N° 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla N° 3: Resultados de la medición inicial de los parámetros de campo

Tabla N°4: Resultados de las muestras antes del tratamiento

Tabla N°5: Resultados de los análisis realizados en el laboratorio de la UCV

Tabla N°6: Resultados obtenidos del laboratorio EQUAS

Tabla N°7: Resultados de la caracterización de las micro-nano burbujas

Tabla N°8: Lecturas directas de los parámetros durante el ensayo

Tabla N°9: *Áreas bajas las curvas de evolución de los parámetros*

Tabla N°10: *Estadísticos de las áreas totales de progreso de las características químicas y físicas*

Tabla N°11: ANOVA de las eficiencias a diferentes lapsos de tiempo de tratamiento con micro-nano burbujas de ozono-aire

Tabla N°12: Test pos hoc de Duncan entre los períodos con diferencia significativa

Tabla N°13: Estadísticos de DBO y DQO, según el tratamiento con micro-nano burbujas de ozono-aire

Tabla N°14: Prueba t-Student de DBO y DQO, comparación entre los resultados con tratamiento de micro-nano burbujas de ozono-aire y sin tratamiento

Tabla N°15: Estadísticos de los parámetros físicos, según el tratamiento con micro-nano burbujas de *ozono-aire*

Tabla N°16: Prueba t-Student de los parámetros físicos, comparación entre los resultados con tratamiento de micro-nano burbujas de ozono-aire y sin tratamiento

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

- Figura N°1: Mecanismo de acción de las micro-nano burbujas
- Figura N°2: Buzón de Agua residual hospitalaria, Cercado de Lima
- Figura N°3: Toma de la muestra del agua residual hospitalaria con la ayuda de un profesional en muestreo de aguas residuales.
- Figura N°4: Muestras iniciales de las aguas residuales hospitalarias.
- Figura N°5: Calibración del sensor de pH del multi-parámetro
- Figura N°6: Medición de los parámetros de campo
- Figura N°7: Determinación de la turbiedad.
- Figura N° 8: Prototipo del Generador de MNB
- Figura N°9: Generación de MNB
- Figura N°10: Recolección de la muestra tratada
- Figura N°11: Muestras después del tratamiento
- Figura N°12: Medición de los parámetros físicos con el multi-parámetro
- Figura N°13: Medición del diámetro de la micro-nano burbuja
- Figura 14. Curva de evolución de las concentraciones de DBO a diferentes tiempos.
- Figura N°15. Curva de evolución de las concentraciones de DQO a diferentes tiempos.
- Figura N°16: Curva de evolución de las concentraciones de SST a diferentes tiempos.
- Figura N°17: Curva de evolución de la Conductividad eléctrica a diferentes tiempos.
- Figura N°18. Curva de evolución de la Turbiedad a diferentes tiempos.
- Figura N°19. Variación de la eficiencia en DBO
- Figura N°20. Variación de la eficiencia en DQO
- Figura N°21. Variación de la eficiencia en SST
- Figura N°22. Variación de la eficiencia en Conductividad eléctrica
- Figura N°23. Variación de la eficiencia en Turbiedad



## **I. INTRODUCCIÓN**

## 1.1. Realidad Problemática

En el Perú, tal como lo refiere la OEFA (2014) en el boletín “Fiscalización ambiental de aguas residuales”, solo el 32% de las aguas residuales enviadas al sistema de alcantarillado recibe algún tipo de tratamiento, además señala que varias de las plantas de tratamiento no son adecuadas.

La descarga de efluentes sin tratamiento es una de las principales causantes de la pérdida de la calidad de las aguas. Los efluentes hospitalarios representan un problema particular, al englobar una mezcla de medicamentos, detergentes, antisépticos, solventes y materia orgánica, a los que se adicionan excretas y secreciones de pacientes contaminados por diferentes patógenos. Además es conocido que grandes cantidades de soluciones desinfectantes son utilizados en hospitales para la eliminación de patógenos en las superficies (pisos, paredes, etc.), equipos e instrumental biomédico y en la piel. Teniendo el alcohol, los aldehídos y distintos compuestos clorados como principios activos de las soluciones mencionadas (Núñez, 2006).

El hospital San Bartolomé fue creado en el año 1646 siendo usado inicialmente para otros fines, recién en el año 1961 reabre sus puertas como hospital. La población objetivo es la atención del niño, el adolescente y la madre. La infraestructura está dividida en las siguientes áreas:

- **Emergencias y unidades críticas:** UCI pediátrica, UCI materna y UCI neonatológico.
- **Pediatría:** neonatos, niños y adolescentes.
- **Cirugía pediátrica:** neonatos, niños y adolescentes.
- **Gineco-obstetricia:** ginecología, sala de partos y puerperio.
- **Centro quirúrgico:** sala de operaciones, unidad de recuperación post-anestésica y central de esterilización.
- **Consultorios externos:** de pediatría y ginecología.
- **Servicios de apoyo al diagnóstico y al tratamiento:** farmacia, laboratorio, Rayos X, anatomía patológica, nutrición.

Según las indagaciones realizadas no hay ningún antecedente de que se traten los efluentes hospitalarios en el Perú, los mismos que son vertidos directamente al alcantarillado municipal agravando la contaminación en los cuerpos receptores.

En la presente investigación verificaremos la eficiencia de las micro-nano burbujas de ozono- aire en el tratamiento de los efluentes del hospital Nacional Docente Madre Niño San Bartolomé.

## **1.2. Trabajos previos**

Grisales et al., (2012) desarrollaron una investigación titulada remoción de la materia orgánica y toxicidad en aguas residuales hospitalarias aplicando ozono, el objetivo fue evaluar la degradación de la materia orgánica en aguas residuales hospitalarias utilizando la ozonización a diferentes pH (3.0, 6.7, 10). Para lo cual analizó previamente los valores de UV254, la relación de biodegradabilidad DQO/DBO<sub>5</sub> y el color (VI436), posteriormente hizo una prueba de toxicidad aguda mediante el uso de bulbos de cebolla (*Allium Cepa* L.). Para ello muestreó en el punto final de descarga de los efluentes vertidos. Concluyo que el uso de ozono es una alternativa viable para el tratamiento de efluentes hospitalarios, a una dosis de 187mgO<sub>3</sub>/h y valores de pH=10, incrementándose la biodegradabilidad en 70% y la toxicidad aguda se redujo en un 62%, en tanto que a pH=3.0, se redujo la UV254 y el color.

Muñoz y Chaparro (2013) investigaron la combinación de procesos de oxidación avanzada y procesos anaerobios para tratamiento de aguas residuales hospitalarias. Tuvieron como objetivo evaluar la eficiencia de un reactor anaerobio horizontal de lecho fijo (RAHLF) para el tratamiento de las aguas residuales hospitalarias que previamente habían sido ozonizadas. Encontrando que la eliminación de materia orgánica a partir de la DQO en el mencionado tratamiento combinado fue de 93%+- 4% y la UV254 fue de 74% +- 6%. El incremento de la biodegradabilidad medida con el valor de la relación DQO/DBO luego de la aplicación del ozono fue de 51%. Los resultados

muestran que tratar aguas residuales hospitalarias combinando procesos de oxidación avanzada basados en ozono y procesos anaerobios de biomasa inmovilizada es buena alternativa para transformar y degradar la materia orgánica de naturaleza recalcitrante presente en este tipo de efluentes

Cruz, (2016) realizó una investigación titulada Reducción de coliformes presentes en aguas residuales domesticas mediante micro-nano burbujas de aire-ozono, teniendo como objetivo principal la reducción de coliformes fecales y coliformes totales, donde las concentraciones iniciales eran 130000 NMP/ml y 240000 NMP/ml respectivamente. Después de aplicar el tratamiento con las micro-nano burbujas de aire-ozono, se obtuvo que, en el primer tratamiento la reducción fue a 1000NMP/ml y 4500 NMP/ml respectivamente, en tratamiento dos la reducción fue a 500 NMP/ml y 2500 NMP/ml y en el tratamiento tres se redujo a 100NMP/ml y 100NMP/ml. Dentro de sus otros parámetros obtuvo una reducción del 82.63 % para DBO<sub>5</sub> y para SST una reducción del 74.76%.

Parras et al., (2013) desarrollo una investigación titulada Remoción de materia orgánica y toxicidad en un reactor anaerobio de biomasa inmovilizada y flujo ascendente tratando agua residual hospitalaria, teniendo como objetivo evaluar la eficiencia de un reactor anaeróbico de flujo ascendente de maza inmovilizada tratando aguas residuales hospitalarias reales. Estudió la reducción de materia orgánica y toxicidad, a través del análisis UV254nm, DQO filtrada y determinación del porcentaje de inhibición en el crecimiento de la raíz de la cebolla. Los resultados mostraron que el proceso biológico estuvo estable durante los 287 días de operación continua, el valor medio de la relación AI/AP fue de  $1.21 \pm 0.08$ , indicando que no hubo acumulación de ácidos en el sistema. Sin embargo, los valores de la eficiencia de remoción de DQO filtrada,  $56 \pm 15\%$  y UV254nm,  $21 \pm 36\%$ , no fueron representativos. La toxicidad se redujo en 50%. De acuerdo a lo estudiado, es necesario utilizar el reactor anaerobio en combinación con otros procesos para continuar eliminando la materia orgánica recalcitrante al proceso anaerobio. Se comprobó la capacidad que tienen los reactores anaerobios de biomasa inmovilizada para disminuir la toxicidad.

Rodríguez (2010) realizó la investigación cuyo título fue influencia de los fármacos presentes en el agua residual sobre la resistencia de la *Echerichia Coli* y su eliminación por oxidación avanzada, siendo su objetivo estudiar el efecto de la *E. Coli* en 4 fármacos: Atenolol, Azitromicina, Estradiol e ibuprofeno, para conocer el efecto y comportamiento de estos fármacos en la eliminación por procesos de oxidación avanzada. Respondiendo a su objetivo específico resistencia de la *E. Coli* al tratamiento con Ozono en diferentes concentraciones, los resultados encontrados fueron que el ozono los reduce al tercer día hasta en un 100% ya que actúa directamente sobre las proteínas de estas.

Torres et al., (2003) investigaron el Tratamiento de aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca en filtro anaerobio: influencia del medio de soporte, con el objetivo de reducir la DQO y SST a través de un filtro anaeróbico cuya composición por cascara de coco, anillos de guadua y un lecho mixto consistente en residuos de ladrillera. El filtro fue ubicado a la salida de los canales de sedimentación de la mancha, muy cerca de un sistema dosificador de cal con el fin de ajustar el pH del efluente. Luego de la comparación de tres medios se concluyó que la cascara de coco alcanzó mejores resultados de remoción de la DQO y SST en 70% y 90% en cada caso.

Según Tsai et al., (2007) en su estudio titulado Tecnología de flotación de nano-burbujas con proceso de coagulación para el tratamiento rentable de aguas residuales de pulido químico-mecánico. Estudió la viabilidad de la tecnología de flotación de nano-burbujas (NBFT) con un proceso de coagulación / floculación para mejorar el tratamiento de efluentes de mecánicas de pulido (CMP) mediante experimentos a escala de laboratorio y piloto. Como precursor, se identificó la combinación eficaz de activador / colector utilizando un reactor de flotación a escala de laboratorio. Los resultados mostraron que el cloruro de poli aluminio (PAC) con el oleato de sodio (NaOI) fue la mejor mezcla de activador / colector, respectivamente y su aplicación en el NBFT con proceso de coagulación aumentó la eficacia de clarificación del efluente en un 40% en comparación con el proceso habitual de coagulación / floculación.

Observó más del 95% de turbidez, sólidos totales y eficacia total de eliminación de sílice en los experimentos de flotación a escala piloto. A partir de los resultados, se halló que el NBFT con el proceso de coagulación se podría realizar eficazmente a una concentración óptima de PAC de 50-60 mg / L (como Al), concentración de NaOI de 5-10 mg / L con una relación de reciclado de 10-20 % Y 1h de tiempo de retención hidráulico HRT. La valoración de costos y desempeño reflejó que las aguas residuales CMP podrían ser tratadas eficientemente a bajos costos utilizando el enfoque actual.

### **1.3. Conceptos relacionados al tema**

#### **1.3.1 Aguas residuales.**

Son aguas cuya composición variada provienen de descargas municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso humano, que hayan sufrido alteraciones en su calidad original (ANA, 2013).

#### **1.3.2 Aguas residuales Hospitalarias.**

Son todas aquellas aguas residuales producidas en los establecimientos de salud, que presentan en su composición elevadas concentraciones de microorganismos patógenos y contaminantes emergentes (Alvariño, 2008).

Según la OMS calcula que solo el 85% de los residuos generados en la actividad sanitaria están libres de peligro mientras el 15% es considerado material peligroso.

#### **Clasificación de los desechos sanitarios según la OMS.**

Los desechos y subproductos pueden ser variados, como se presenta en la siguiente lista.

- **Desechos infecciosos:** Desechos contaminados con sangre u otros

fluidos corporales (por ejemplo, a partir de muestras de diagnóstico desechadas), cultivos o cepas de agentes infecciosos procedentes de actividades de laboratorio (por ejemplo, desechos relacionados con autopsias o animales de laboratorio infectados, o desechos relacionados con pacientes ingresados en salas de aislamiento y equipo conexo (por ejemplo, hisopos, vendajes e instrumental médico desechable).

- **Desechos anatomopatológicos:** tejidos, órganos o fluidos humanos, partes corporales y cadáveres de animales.
- **Objetos punzocortantes:** jeringas, agujas, bisturíes y cuchillas desechables, etc.
- **Productos químicos:** Por ejemplo, disolventes utilizados para preparados de laboratorio, desinfectantes, y metales pesados contenidos en los dispositivos médicos (por ejemplo, mercurio en termómetros rotos) y baterías.
- **Productos farmacéuticos:** vacunas y medicamentos caducados, no utilizados o contaminados.
- **Desechos genotóxicos:** Desechos muy peligrosos, mutágenos, teratógenos o cancerígenos, como los medicamentos citotóxicos utilizados para tratar el cáncer, así como sus metabolitos.
- **Desechos radiactivos:** Entre otros, productos contaminados con radio nucleídos, por ejemplo material reactivo de diagnóstico o radioterapia.
- **Desechos no peligrosos o desechos comunes:** Desechos que no significan ningún peligro biológico, químico, radiactivo o físico particular.

#### 1.3.4. Parámetros de calidad de agua a evaluar.

### **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).**

La DBO es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar las sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales.

Cuando es mayor el consumo de Oxígeno significa mayor presencia de sustancias orgánicas. La descomposición variará considerando la temperatura, y la forma estándar de emplear es a 20° C por un periodo de 5 días. De acuerdo a los estándares de calidad ambiental para aguas, estos varían según el uso final que del agua (Andreo, 2014).

### **Demanda Química de Oxígeno (DQO).**

DQO se refiere a la cantidad de oxígeno requerida para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua, lo que se expresa en mg/L empleando un oxidante (dicromato potásico), que se evalúa en aproximadamente tres horas encontrando que en la mayoría de casos, tiene una buena relación con la DBO, siendo de gran utilidad para no necesitar los cinco días de la DBO. Además la DQO no hace diferencia entre materia biodegradable y el resto y no proporciona información relacionada a la velocidad de degradación en condiciones naturales, el valor de la DQO es mayor que el de la DBO<sub>5</sub> debido a que muchas sustancias orgánicas se oxidan químicamente pero no biológicamente, siendo su contenido de materia orgánica: carbohidratos, proteínas, grasas e inorgánico: amoníaco, nitritos, sulfuros y cloruros.

### **Sólidos suspendidos totales.**

Son la suma de todas aquellas partículas orgánicas e inorgánicas cargadas eléctricamente expresadas en mg/L.

### **Conductividad eléctrica.**

Es la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica que está relacionada con la cantidad de iones presentes en el cuerpo de agua principalmente



cloruro, nitrato, fosfato, sulfato, magnesio, sodio y calcio, y esta expresada en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

## **PH.**

Es la unidad que mide la cantidad de iones de hidrogeno en una sustancia.

## **Temperatura**

Es la medida de cantidad de energía interna de un cuerpo expresada en  $^{\circ}\text{C}$ .

### **1.3.5 Micro-nano burbujas.**

Según Palaniappan Arumugam (2015), las micro burbujas tienen varias definiciones en el área tecnológica del agua y se suelen definir como burbujas en un rango de tamaño de decenas de micrómetros. Mientras que otras definiciones también incluyen burbujas menores a  $50\ \mu$  de diámetro; y otras menores de  $100\ \mu$  de diámetro y burbujas con diámetro en el intervalo de  $10\text{-}60\mu$ .

Según Valverde, 2017 las Micro-Nano burbujas son cavidades sub-micrónicas conteniendo gas en solución acuosa. Las (MBs) tienen diámetro más de  $100\ \mu\text{m}$ , las micro-nano burbujas tienen diámetro entre  $1$  a  $100\ \mu\text{m}$  y las nano-burbujas (NBs) tiene diámetro menor a  $1\ \mu\text{m}$  dentro del fluido.

### **1.3.6 Características de las micro-nano burbujas.**

#### **Presión interna de las Micro-nano burbujas.**

Según menciona TSUGE (2015), existe una relación entre la presión y el diámetro y viene expresada por la ecuación de Young – Laplace.

$$P = P_I + \frac{4\sigma}{db}$$

$P$ : Presión de la burbuja

$P_I$ : Presión hidrostática

### Velocidad ascenso.

Según TSUGE (2015), son las propiedades físicas del líquido las que influyen en la velocidad lenta de ascenso de las micro-nano burbujas, y es representada por la siguiente fórmula:

$$U = pgd^2 / 18\mu$$

**Dónde:**

***U***: Velocidad de ascenso

***p***: Densidad del líquido,

***g***: Aceleración de la gravedad ,

***d***: Diámetro de la burbuja

***μ***: Viscosidad del líquido

### Estabilidad.

Según TSUGE, la duración de las nano burbujas dependen de las condiciones del agua, muchos investigadores están tratando de hallar el mecanismos de estabilidad nano burbujas, ya que existe mucha dificultad para medir las propiedades de tan minúsculas partículas. (2014, p. 120)

Según varios autores la estabilidad de las micro-nano burbujas, dependen del tamaño y la presión interna; es decir que las burbujas al ser más pequeñas y

al poseer una presión interna mayor se vuelven más estables, por lo cual su tiempo de permanencia en el fluido es mayor.

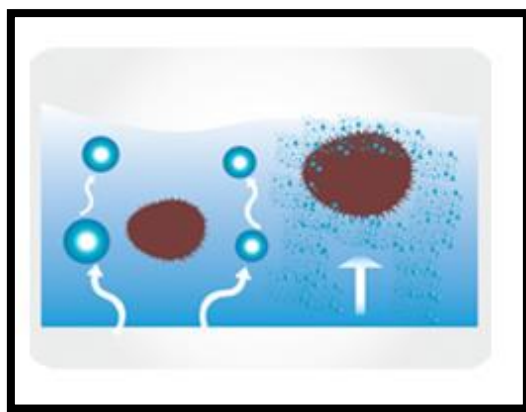
Según una investigación realizada para comprender mejor la vida de las MNBs pudieron concluir que a bajas concentraciones de NaCl se estabilizan los MNBs debido al efecto de blindaje de iones. Sin embargo, las concentraciones más altas aceleran su desaparición reduciendo la fuerza repulsiva entre MNBs (TSUTOMU et al. 2016)

### **1.3.7 Mecanismo de acción de las micro-nano burbujas**

Las micro/nano burbujas tienen carga negativa producido por el incremento de la concentración de iones a su alrededor, debido a la interfase gas-líquido. A medida que las micro-nano burbujas flotan, capturan los sólidos (contaminantes) suspendidos en el líquido trasladándolos a la superficie. Dado que dichos sólidos en suspensión son desiguales en tamaño y forma, las burbujas grandes fallan en capturarlos, en cambio, las micro-nano burbujas pueden ingresar en los pequeños espacios de los contaminantes, circundándolos en su totalidad en una esfera de pequeñas burbujas, y haciéndolos flotar (Win2sol, 2016).

De la misma manera, TSUGE et al. (2014) menciona, que debido al colapso de las micro burbujas se crean radicales libres reactivos, por lo mismo que ofrecen una efectividad alta en la purificación y tratamiento de las aguas residuales [...]

En este desarrollo de las ondas expansivas y OH radicales originadas por el colapso de las micro burbujas, son consideradas como la fuente principal para la inactivación de coliformes [...]. Además, la eficacia de eliminación de E. Coli es alta (SUMIKURA [et al], 2007).



**Figura N°1:** Mecanismo de acción de las micro-nano burbujas  
**Fuente:** Win2sol.2016

### **1.3.8 Ozono.**

El  $O_3$  es un gas incoloro, bueno o malo, lo que depende de dónde se encuentre. El bueno se encuentra naturalmente en la estratósfera, cuya función es protegernos de la radiación ultravioleta.

El  $O_3$  malo se encuentra en la tropósfera. Se origina debido a las emisiones de los automóviles, fábricas, las que reaccionan químicamente con la luz solar. Aumentar su concentración en verano. Si respiramos el ozono malo puede ser dañino para la salud de los seres humanos. Ya que ocasiona irritación en la garganta, los ojos, desmejorando la salud cuando la exposición se hace habitual.

### **1.3.9 Características del Ozono**

El  $O_3$  está formado por tres átomos de oxígeno. Su inestabilidad radica se debe a la existencia de un enlace covalente muy pequeño, la que aumenta a mayor temperatura y presión. En el siguiente cuadro se resume las características del ozono.

Propiedad	Oxígeno (O <sub>2</sub> )	Ozono (O <sub>3</sub> )
Color	Sin color	Azul claro a altas concentraciones
Olor	Sin olor	Picante y penetrante (umbral olfativo 0,01-0,015 ppm <sub>v</sub> )
Peso específico	1.429	2.144
Peso molecular	32	48
Potencial de oxidación	1.23 V	2.07 V
Punto de ebullición a 100 kPa	-183 °C	-112 °C
Solubilidad a 0 °C	0.049	0.64

**Fuente:** Procesos de potabilización del agua e influencia del tratamiento de ozonización, 2003.

## 1.4. Formulación del problema

### 1.4.1 Problema general.

¿Como es la eficiencia de las micro-nano burbujas de ozono-aire durante el tratamiento para mejorar la calidad de las aguas residuales hospitalarias, Lima 2017?

### 1.4.2 Problemas Específicos.

- ¿Cómo mejoran los parámetros químicos (DBO y la DQO) después de la aplicación de micro-nano burbujas de ozono y aire?
- ¿Cómo mejoran los parámetros físicos (conductividad eléctrica, pH, SS y turbiedad) después de la aplicación de micro-nano burbujas de ozono y aire?

## 1.5. Justificación del estudio

Frente a la necesidad de hallar alternativas eficientes para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias, es importante investigar y desarrollar técnicas de tratamiento para estos efluentes que sean viables y puedan ser aplicados en el Perú.

Las aguas residuales hospitalarias son medios de transporte de muchos

contaminantes como materia orgánica, microorganismos patógenos, medicamentos entre otros. El Tratamiento de los efluentes domésticos son costosas y poco eficientes, por lo que justifica investigar nuevas técnica que sean más eficientes y ambientalmente sostenibles.

La evacuación de efluentes sin tratamiento es la principal causa de la degradación de la calidad de las aguas. Los efluentes hospitalarios representan un problema particular, al contener contaminantes emergentes (medicamentos).

Con el presente estudio, se busca en reducir parámetros físicos, químicos y biológicos, mediante el uso de micro-nano burbujas de ozono y aire. Para posteriormente comparar los resultados con los Estándares Nacionales de calidad de agua categoría tres.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis General**

H: La aplicación de micro-nano burbujas de ozono-aire no es constante durante el tratamiento

### **1.6.2 Hipótesis Específica**

H: El tratamiento con micro-nano burbujas de ozono-aire mejora las características químicas del agua

H: El tratamiento con micro-nano burbujas de ozono-aire mejora las características físicas del agua

## **1.7. Objetivo**

### **1.7.1 Objetivo General.**

Determinar cómo es la eficiencia de las micro-nano burbujas de ozono-aire durante el tratamiento para mejorar la calidad de las aguas residuales hospitalarias, lima 2017.

#### **1.7.2 Objetivo Específico.**

- Determinar cómo mejoran los parámetros químicos (DBO y DQO) después de la aplicación de micro-nano burbujas de ozono y aire.
- Determinar cómo mejoran los parámetros (conductividad eléctrica, pH, SST y turbiedad) después de la aplicación de micro-nano burbujas de ozono y aire.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Tipo y Diseño de investigación**

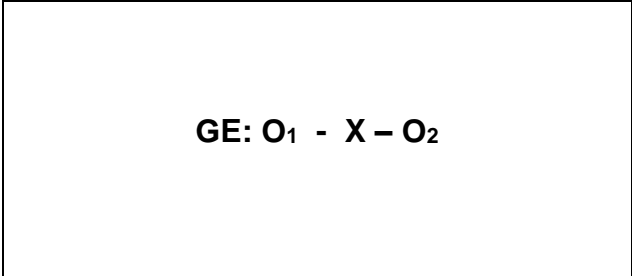


### 2.1.1 Tipo de Investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo aplicativo porque por medio de él se generan beneficios para la sociedad.

### 2.1.2 Diseño de Investigación

La presente investigación es un diseño pre - experimental en el que se midió las características iniciales de la muestra, para después pasar por el generador de micro-nano burbujas de ozono y aire.



GE: O<sub>1</sub> - X - O<sub>2</sub>

**Donde:**

**GE:** Grupo Experimental

**O<sub>1</sub>:** Pre Test

**O<sub>2</sub>:** Post Test

**X:** Tratamiento

### 2.1.3. Variables y Operacionalización

**Tabla N° 1. Variables y Operacionalización**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
<b><u>Independiente</u></b> Eficiencia de las micro-nano burbujas de Ozono	La eficiencia está relacionada con la estabilidad de las micro-nano burbujas, la cual dependerá de las características físicas de las micro-nano burbujas. (SUMIKURA, 2010)	Es la capacidad de las micro-nano burbujas para reducir los contaminantes en las aguas residuales hospitalarias que serán medidos por medio de sus características .	Características físicas de las micro-nano burbujas	Tiempo de contacto	min
				Diámetro de las micro-nano burbujas	µm-nm
				Presión interna	PSI
				Velocidad de ascenso	Cm/h
<b><u>Dependiente</u></b> Calidad del agua residual hospitalaria	Son las propiedades físicas, Químicas y microbiológicas que presenta el agua residual hospitalaria, de tal manera que, reúna criterios de aceptabilidad para diversos usos. (GOMEZ,2012)	Son los atributos que tienen las aguas residuales hospitalarias que son medidos a través de sus parámetros físicos, químicos.	Físicas	Sólidos suspendidos totales	mg/L
				Conductividad eléctrica	µs/cm
				turbiedad	UNT
				pH	Unidad de pH
				temperatura	°C
			Químicas	DBO <sub>5</sub>	mg/L
				DQO <sub>5</sub>	mg/L

### **2.3.1 Población.**

En la presente investigación la población fueron las aguas residuales hospitalarias.

### **2.3.2 Muestra.**

El tamaño de la muestra para la investigación fue de 40 L, para desarrollar el proceso experimental, y 4L para el análisis inicial.

### **2.3.3 Muestreo.**

La técnica del muestreo que se empleó será un muestreo no probabilístico por conveniencia.

.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

En el siguiente cuadro se detallaran las técnicas e instrumentos que se utilizaran durante el proceso de experimentación, desde la toma de muestra hasta el procesamiento final de los resultados obtenidos.

**Tabla N° 2: Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Etapa	Fuente	Técnica	Instrumentos	Resultados
Recolección de la muestra de agua residual y análisis.	Aguas residuales del Hospital Nacional Docente Madre Niño san Bartolomé	Observación	Hoja de campo(Anexo N°2)	Resultados del Análisis de muestra
Análisis inicial de la muestra	Aguas residuales hospitalarias	Experimentación	Análisis de laboratorio (Anexo N°3 )	Resultados de laboratorio antes del tratamiento
Tratamiento mediante el uso de MNBs De O <sub>3</sub>	Bibliografía	Experimentación	Fichas de control y análisis de la muestra	Tiempo, diámetro de la MNB, presión interna y velocidad de acenso
Análisis después del tratamiento	Aguas residuales hospitalarias tratadas.	Experimentación	Análisis de laboratorio después del tratamiento	Análisis final de Laboratorio
Análisis final de los resultados obtenidos.	Resultados del laboratorio.	Disertivo	Programa de análisis estadístico (SPSS, Excel)	Resultados del análisis estadístico.

**Fuente:** Elaboración propia

Para el desarrollo de esta investigación se consideró varias etapas, los cuales se describirán a continuación:

**a) Recolección de la muestra de agua residual y análisis**

En esta etapa, se recolectó una muestra de 40L de agua residual hospitalaria del Hospital Nacional Docente Madre Niño “San Bartolome”, Lima. De las cuales 20L fueron tomados a las 8:00am cuando hay poca actividad y los otros 20L a las 11:00am cuando las actividades aumentan. Posteriormente se determinaron los parámetros de campo como turbiedad, pH, conductividad eléctrica y temperatura. Los parámetros físico-químicos como DBO, DQO y SST fueron analizados en el laboratorio certificado EQUAS.

**b) Tratamiento mediante el uso de MNBs de Ozono y aire**

La presente etapa se desarrolló en un ambiente acondicionado para el tratamiento, donde primero se realizó el armado del generador de sistema continuo de micro-nano burbujas de ozono-aire.

Para tratar las muestras se utilizaron en total 24L del efluente, de los cuales los 12L de la muestra que fueron tomados a las 8:00am se sometió a tratamiento por un periodo de 5, 10 y 15 minutos. Los otros 12L fueron los que se muestreó a las 11:00am, los que también fueron tratados en un periodo de 5, 10 y 15 minutos para determinar en qué tiempo ya hay una mayor eficiencia.

**c) Análisis después del tratamiento**

Luego de emplear las micro-nano burbujas de ozono a la muestra, se envió al laboratorio EQUAS para el análisis microbiológico, químico y los físicos se determinaron en el laboratorio de la universidad.

#### **d) Análisis final de los resultados obtenidos**

Después de aplicar las micro-nano burbujas de aire y ozono en el sistema continuo, las 6 muestras se enviaron al laboratorio para analizar los parámetros físicos químicos como DBO, DQO y SST a un laboratorio certificado y los de campo como, Turbiedad, conductividad eléctrica, pH y T° fueron medidos en el laboratorio de edafología de la universidad Cesar Vallejo.

##### **2.4.1 Validez y confiabilidad**

La validez de los instrumentos y las técnicas de recolección de datos se realizaron mediante la opinión de 3 expertos, quienes son profesionales con experiencia.

- Dr. Ing. Valdiviezo Gonzales Lorgio
- Ing. Ordoñez Gálvez Julio
- Ing. Lizárraga Gamarra Víctor

Las fichas de validación de instrumentos se encuentran en los siguientes anexos:

- Anexo N°2: Ficha de validación N°1 de validación de instrumento
- Anexo N°3: Ficha de validación N°2 de validación de instrumento
- Anexo N°4: Ficha de validación N°3 de validación de instrumento

##### **2.5 Métodos de análisis de datos**

Los datos obtenidos en la presente investigación serán analizados utilizando el programa de análisis estadístico SPSS, para comprobar la hipótesis general se utilizó la prueba de ANOVA, porque se hará una comparación de la varianza en los tres tiempos, y para las hipótesis específicas se empleó la T de Student para comparar como fue la eficiencia en los tres tiempos.

## **2.6. Aspectos éticos**

En la presente investigación se trabajara con datos verídicos sin realizar ninguna manipulación para forzar resultados de manera que pueda contribuir a estudios posteriores.

### **III. RESULTADOS**



### 3.1. Procedimiento para la obtención de resultados

#### 3.1.1 Toma de la muestra del agua residual hospitalario



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°2:** Buzón de Agua residual hospitalaria, Cercado de Lima



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°3:** Toma de la muestra del agua residual hospitalaria con la ayuda de un profesional en muestreo de aguas residuales.

Se tomó una muestra total de 40 L de agua residual hospitalaria en el punto principal de desagüe, los cuales fueron llenados en envases de plástico para posteriormente ser tratados. Para las muestras iniciales se necesitó 1L de aguas residuales para la DBO, 0.5L para los SST y 0.25L para la DQO el cual fue conservado con 10 gotas de  $H_2SO_4$ , los recipientes fueron proporcionados por el laboratorio.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°4:** Muestras iniciales de las aguas residuales hospitalarias.

### 3.1.2 Análisis inicial de la muestra

Para el análisis inicial de los parámetros de campo se usó el multi-parámetro HQ40d y el turbidímetro OAKTON T-100 de la Universidad Cesar Vallejo.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°5:** Calibración del sensor de pH del multi-parámetro

**Tabla N° 3:**  
Resultados de la medición inicial de los parámetros de campo

Parámetros	Unidad	Muestras iniciales	
		8:00am	11:00am
Conductividad eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	743	775
Turbiedad	NTU	44.9	79.5
pH	-	7.48	7.65
T°	C°	21.4	21.5

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** En el análisis inicial para la muestra de las 8:00am se obtuvo una conductividad eléctrica de 743  $\mu\text{S/cm}$ , la turbidez fue de 44.9NTU, el pH fue 7.48 y la temperatura del agua residual en el laboratorio fue de 21.4°C. Para la muestra de las 11:00am se obtuvo una conductividad eléctrica de 775  $\mu\text{S/cm}$ , la turbidez fue 79.5, el pH fue 7.65 y la temperatura fue de 21.5°C.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°6:** Medición de los parámetros de campo



**Fuente:** Laboratorio de edafología de la UCV  
**Figura N°7:** Determinación de la turbiedad.

**Tabla N°4:**

Resultados de las muestras antes del tratamiento

Parámetros	unidad	Muestra inicial	
		8:00am	11:00am
DBO <sub>5</sub>	mg/L	132	127
DQO <sub>5</sub>	mg/L	374	297
SST	mg/L	43	110

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla N°4 podemos observar los resultados de las muestras antes del tratamiento, donde la concentración inicial de la muestra tomada a las 8:00am para de DBO<sub>5</sub> fue 132 mg/L, la DQO<sub>5</sub> 374 mg/L y los SST 43 mg/L. para la muestra tomada a las 11:00am la DBO<sub>5</sub> fue 127 mg/L, la DQO<sub>5</sub> 297mg/L y los SST 110 mg/L



### 3.1.3. Tratamiento con las micro-nano burbujas de ozono-aire

Para poder generar las micro-nano burbujas se utilizó una compresora de aire a una presión de 30 PSI, una bomba eléctrica de agua., un generador de O<sub>3</sub> con una capacidad de 8L/min y con una concentración de 1000mg/h.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N° 8:** Prototipo del Generador de MNB

Para el tratamiento de la primera muestra de las 8:00am se utilizó 12L de los cuales 6L fueron depositados en el primer contenedor y los otros 6L en el segundo contenedor. Una vez llenado los contenedores se procedió con el encendido de la bomba de agua y después de la compresora de aire y el generador de O<sub>3</sub>, mientras que el agua iba recirculando por un tubo. Las muestras tratadas se fueron recolectando en un periodo de 5, 10 y 15 minutos.

Para la segunda muestra que fue recolectada a las 11:00 am se hizo un lavado previo del equipo para evitar la contaminación cruzada y después el procedimiento fue el mismo y también se tomaron muestras 5, 10 y 15 minutos.



**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura N°9:** Generación de MNB



**Fuente:** Elaboración propia  
**Figura N°10:** Recolección de la muestra tratada

Después del tratamiento se enviaron las 6 muestras al laboratorio para el respectivo análisis de la  $\text{DBO}_5$ ,  $\text{DQO}_5$  y los SST, y para la medición de los parámetros de campo se llevó al laboratorio de edafología de la UCV.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°11:** Muestras después del tratamiento



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°12:** Medición de los parámetros físicos con el multi-parámetro



**Tabla N°5**

Resultados de los análisis realizados en el laboratorio de la UCV

Parámetros	unidad	8:00am			11:00am		
		5'	10'	15'	5'	10'	15'
<b>conductividad eléctrica</b>	<b>μS/cm</b>	566	482	405	587	561	530
<b>Turbiedad</b>	<b>NTU</b>	6.84	4.49	4	6.62	6.01	5.9
<b>pH</b>		8.4	8.07	8.6	8.2	9.01	8.14
<b>T°</b>	<b>C°</b>	21.5	21	21.2	20.5	20.8	21.6

**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla 5 se observan los resultados obtenidos del análisis de los parámetros físicos de las muestras tomadas a las 8:00am y 11:00am en los minutos 5, 10 y 15 minutos.

**Tabla N°6**

Resultados obtenidos del laboratorio EQUAS

Parámetros	unidad	8:00am			11:00am		
		5'	10'	15'	5'	10'	15'
<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>mg/L</b>	27	14	13	28	23	21
<b>DQO<sub>5</sub></b>	<b>mg/L</b>	44	30	28	49	44	36
<b>SST</b>	<b>mg/L</b>	13	8	9	12	10	13

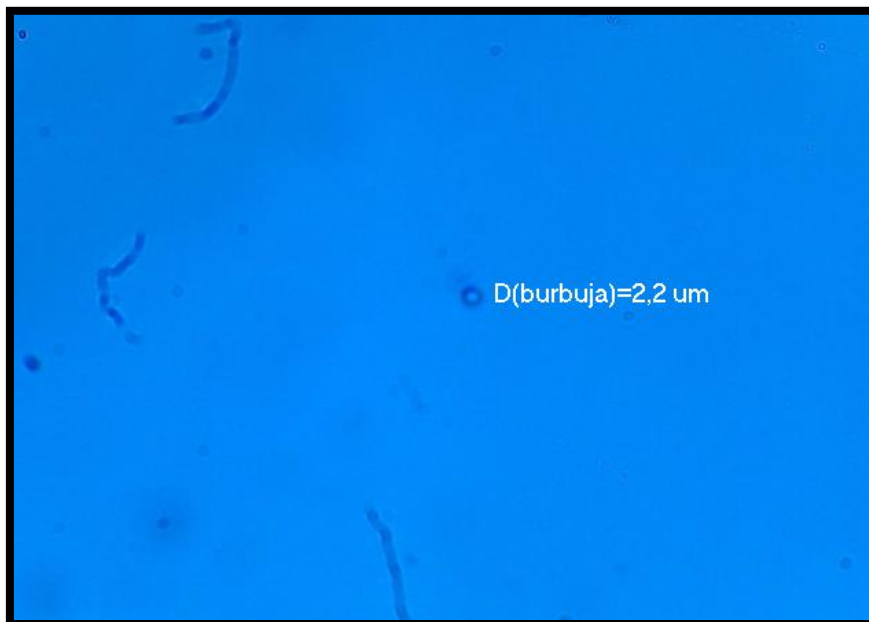
**Fuente:** Elaboración propia

**Interpretación:** En la tabla N°6 se observan los resultados obtenidos del laboratorio EQUAS después del tratamiento con las micro-nano burbujas de ozono-aire.

### 3.1. Resultados de las características de las micro-nano burbujas

#### a) Diámetro de las micro-nano burbujas

Para medir el tamaño de la micro-nano burbuja se utilizó un microscopio trinocular MOD BM-120T-luz LED con una cámara de 5 megapíxeles, obteniendo la imagen con una aumento de 40X. la medición se hizo con u el software de la cámara, obteniendo una como resultado una micro-nano burbujas de diámetro 2.2μm.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°13:** Medición del diámetro de la micro-nano burbuja

#### b) Presión interna

A partir de la ecuación de Young – Laplace

**Fórmula:**  $P = Pl + \frac{4\sigma}{db}$

P: presión de la burbuja

Pl: presión del líquido =  $\rho \cdot g \cdot h$

$$= (998.2 \text{ kg/m}^3) (9.8 \text{ m/s}^2) (0.10 \text{ m})$$

$$= 978.23 \text{ kg/ms}^2$$

$$= 978.23 \text{ Pa} = 0.96 \text{ atm}$$

$\sigma$  : Tensión superficial= 0.0728N/m

$d_b$  :Diámetro de la burbuja=  $2.2 \times 10^{-6}$  m

$$P = 0.96 \text{ atm} + \frac{4(0.0728 \frac{N}{m})}{2.2 \times 10^{-6} \text{ m}}$$

$$P = 0.96 \text{ atm} + 132363.63 \text{ Nm}^2$$

$$P = 0.96 \text{ atm} + 1.32 \text{ atm} = \mathbf{2.28 \text{ atm}}$$

### c) Velocidad de ascenso

$$\text{Formula: } U = pgd^2/18\mu$$

**U:** Velocidad lenta de ascenso

**p:** Densidad del líquido= 998.2kg/m<sup>3</sup>

**g:** Aceleración de la gravedad = 9.8m/s<sup>2</sup>

**d:** Diámetro de la burbuja= $2.2 \times 10^{-6}$  m

**$\mu$ :** viscosidad del líquido =  $1.003 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

$$U = \frac{998.2 \text{ kg/m}^3 (9.8 \frac{m}{s^2}) (2.2 \times 10^{-6})^2}{18 (\frac{1.003 \times 10^{-3} \text{ kg}}{ms})}$$

$$U = 2.62 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

### Tabla N°7

Resultados de la caracterización de las micro-nano burbujas

<b>Tiempo de contacto (min)</b>	5,10,15
<b>Diámetro de la MNB(<math>\mu\text{m}</math>-nm)</b>	2.2
<b>Presión interna(atm)</b>	2.28atm
<b>Velocidad de ascenso(cm/h)</b>	2.62

### 3.2.1 Análisis estadístico de los resultados

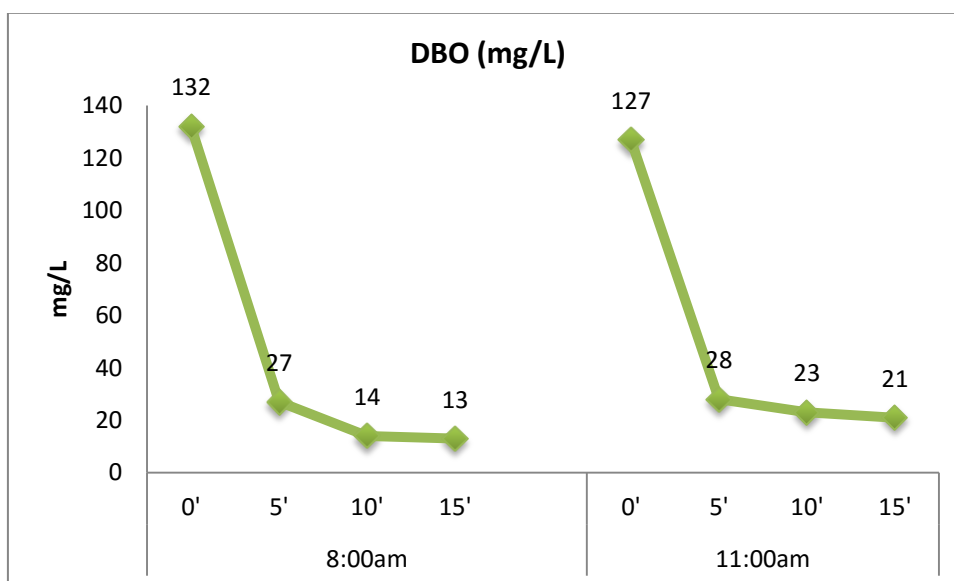
#### Estadística descriptiva

**Tabla N°8**  
Lecturas directas de los parámetros durante el ensayo

Ensayo	Lectura	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	Conductividad eléctrica (μS/cm)	Turbiedad (NTU)	pH( )	Temperatura (C°)
8:00am	0	132	374	43	743	44,9	7,4 8	21,4
	5	27	44	13	566	6,84	8,4	21,5
	10	14	30	8	482	4,49	8,0 7	21
	15	13	28	9	405	4	8,6	21,2
11:00am	0	127	297	110	775	79,5	7,6 9	21,5
	5	28	49	12	587	6,62	8,2	20,5
	10	23	44	10	561	6,01	9,0 1	20,8
	15	21	36	13	530	5,9	8,1 4	21,6

En la tabla N°8, se observa que la evolución de los parámetros es descendente desde el inicio de los dos ensayos realizados (8am y 11 am). Sin embargo, en los dos ensayos, la evolución se estabiliza partir del minuto 10, observándose menores decrementos hacia el minuto 15 (Véase los gráficos adjuntos).

#### ✓ Parámetro DBO<sub>5</sub>

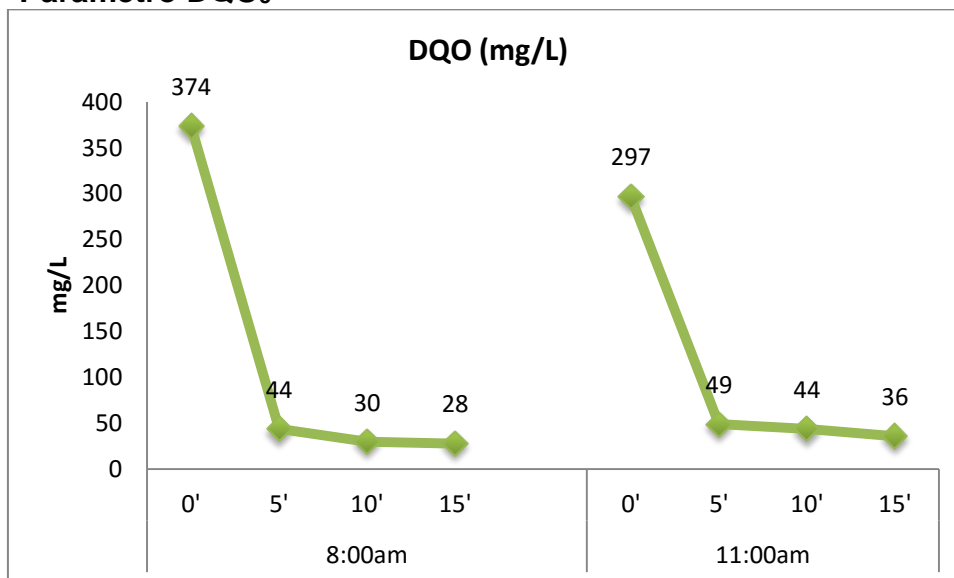


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 14.** Curva de evolución de las concentraciones de DBO a diferentes tiempos.

En la figura 14 se observa como la  $DBO_5$  tuvo una reducción considerable en el intervalo de tiempo de 0 – 5 minutos, mientras que los restantes minutos la reducción es mínima.

✓ **Parámetro  $DQO_5$**

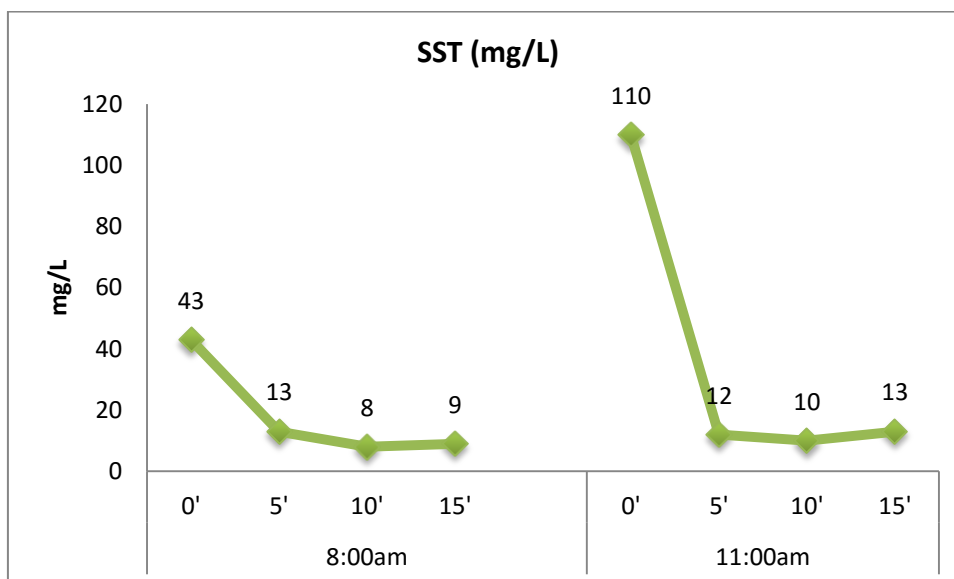


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°15.** Curva de evolución de las concentraciones de  $DQO$  a diferentes tiempos.

En la figura 15 se observa como la  $DQO_5$  redujo considerablemente en el intervalo de 0 – 5 minutos, mientras que los restantes minutos la reducción es mínima.

✓ **Parámetro SST**

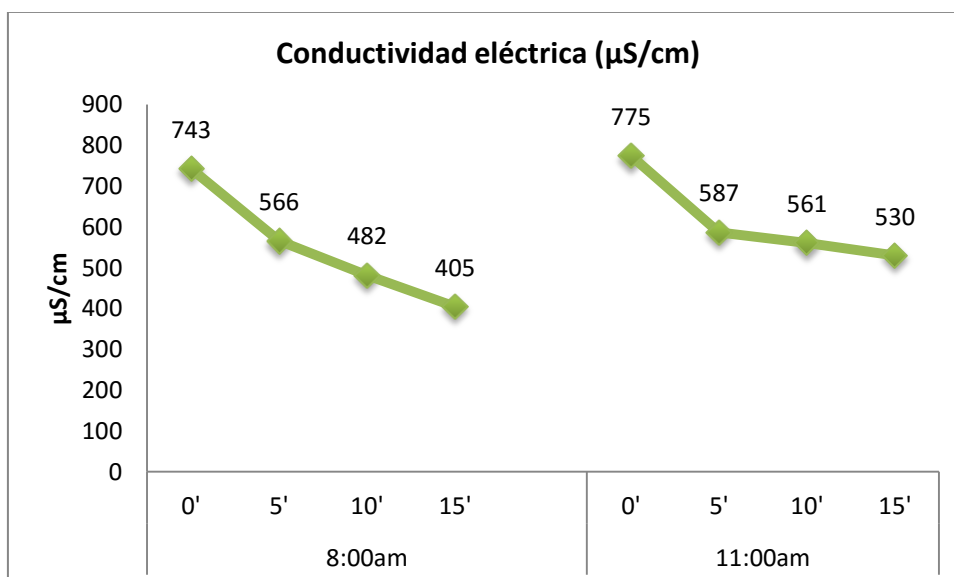


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°16.** Curva de evolución de las concentraciones de SST a diferentes tiempos.

En la figura 16, se observa que se obtuvo un mejor resultado para los SST en el intervalo de 0 – 5 minutos, mientras que los restantes minutos la reducción es mínima.

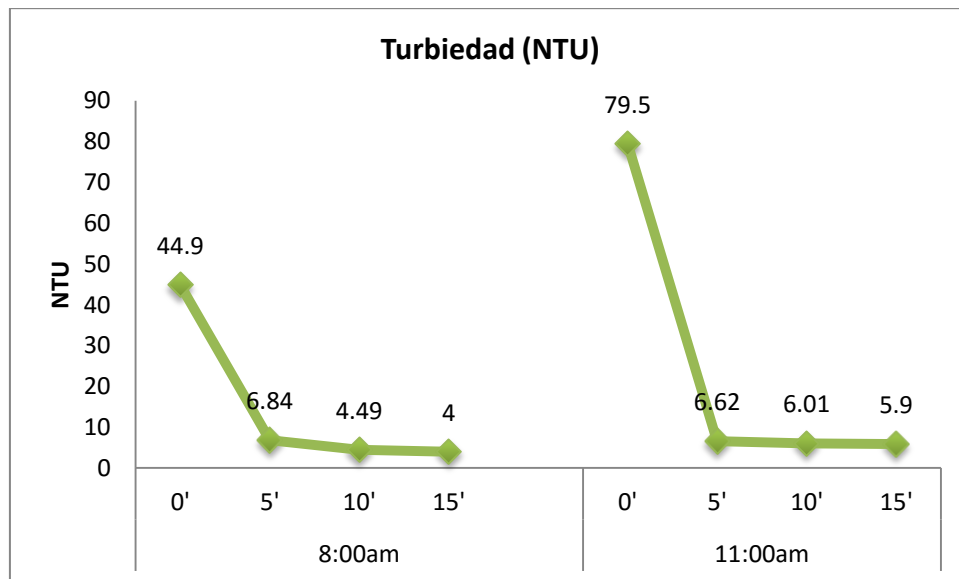
✓ **Parámetro conductividad eléctrica**



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 17.** Curva de evolución de la Conductividad eléctrica a diferentes tiempos.

En la figura 17, se observa que la conductividad eléctrica fue disminuyendo de manera constante en el tiempo. Temiendo una mayor reducción en el intervalo de 10-15 minutos.



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°18.** Curva de evolución de la Turbiedad a diferentes tiempos.

En la figura 18 se observa que las micro-nano burbujas de ozono-aire tuvieron un mayor desempeño en los primeros 5 minutos, presentando más reducción que en los siguientes minutos.

A continuación se presenta el cálculo de las áreas parciales bajo la curva de evolución de los parámetros durante el tratamiento, utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Área} = \frac{(\text{Valor 2} + \text{Valor 1}) * (\text{Tiempo 2} - \text{Tiempo 1})}{2}$$

Los resultados se muestran a continuación

**Tabla N°9**  
*Áreas bajo las curvas de evolución de los parámetros*

Ensayo	Intervalo de tiempo	Área bajo la curva de evolución						
		DBO	DQO	SST	Conductividad eléctrica	Turbiedad	pH	Temperatura
8:00am	0 - 5	397,5	1045,0	140,0	3272,5	129,4	39,7	107,3
	5 - 10	102,5	185,0	52,5	2620,0	28,3	41,2	106,3
	10 - 15	67,5	145,0	42,5	2217,5	21,2	41,7	105,5
	Total	567,5	1375	235	8110	178,9	122,55	319
11:00am	0 - 5	387,5	865,0	305,0	3405,0	215,3	39,7	105,0
	5 - 10	127,5	232,5	55,0	2870,0	31,6	43,0	103,3
	10 - 15	110,0	200,0	57,5	2727,5	29,8	42,9	106,0
	Total	625	1297,5	417,5	9002,5	276,65	125,625	314,25

Se observan diferencias en los resultados a diferentes tiempos durante el ensayo (5'. 10' y 15'). Por otro lado en ambos casos la tendencia es la disminución de las áreas conforme transcurre el tiempo.

**Tabla N°10**  
*Estadísticos de las áreas totales de progreso de las características químicas y físicas*

	Área bajo la curva de progreso						
	DBO	DQO	SST	Conductividad eléctrica	Turbiedad	pH	Temperatura
Media	198,75	445,42	108,75	2852,08	75,93	41,37	105,57
Mediana	118,75	216,25	56,25	2798,75	30,70	41,45	105,75
Varianza	22914,38	159836,04	10511,88	190973,54	6328,03	2,14	1,84
Desv. típ.	151,37	399,79	102,53	437,01	79,55	1,46	1,36
Mínimo	67,50	145,00	42,50	2217,50	21,20	39,70	103,30
Máximo	397,50	1045,00	305,00	3405,00	215,30	43,00	107,30
Rango	330,00	900,00	262,50	1187,50	194,10	3,30	4,00
Coefficiente de variación (cv)	0,76	0,90	0,94	0,15	1,05	0,04	0,01



En la tabla 10 se presentan los resultados del análisis descriptivo de los parámetros medidos. El coeficiente de variación da cuenta que las dispersiones más fuertes se dieron en el caso de DQO, SST y Turbiedad en relación a los demás parámetros (mayores valores de cv) en cambio las dispersiones menos fuertes se dieron en las mediciones de pH y T° (menores valores de cv)

### Respondiendo a la Hipótesis general

Ha: La eficiencia de las micro-nano burbujas de ozono-aire no es constante durante el tratamiento

Nivel de confianza=95%

Alfa = 5% = 0.05

Se tomaron tres lecturas en cada uno de los ensayos realizados; a los 5, 10 y 15 minutos del tratamiento. Se calcularon las áreas bajo la curva de progreso por lapsos de tiempo: 0-5, 5-10 y 10-15 minutos y luego, se compararon dichas áreas mediante el test ANOVA.

**Tabla N°11**

ANOVA de las eficiencias a diferentes lapsos de tiempo de tratamiento con micro-nano burbujas de ozono-aire

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p
DBO	Inter-grupos	113306,3	2	56653,1	134,3	0,001
	Intra-grupos	1265,6	3	421,9		
	Total	114571,9	5			
DQO	Inter-grupos	780339,6	2	390169,8	62,1	0,004
	Intra-grupos	18840,6	3	6280,2		
	Total	799180,2	5			
SST	Inter-grupos	38831,3	2	19415,6	4,2	0,133
	Intra-grupos	13728,1	3	4576,0		
	Total	52559,4	5			
Conductividad eléctrica	Inter-grupos	784789,6	2	392394,8	6,9	0,075
	Intra-grupos	170078,1	3	56692,7		
	Total	954867,7	5			
Turbiedad	Inter-grupos	27908,3	2	13954,2	11,2	0,041
	Intra-grupos	3731,8	3	1243,9		
	Total	31640,2	5			
pH	Inter-grupos	8,4	2	4,2	5,4	0,102
	Intra-grupos	2,3	3	0,8		
	Total	10,7	5			
Temperatura	Inter-grupos	1,9	2	1,0	0,4	0,703
	Intra-grupos	7,3	3	2,4		
	Total	9,2	5			

**Tabla N°12**

Test pos hoc de Duncan entre los períodos con diferencia significativa

Período (rangos en minutos)	DBO			DQO			Turbiedad		
	N	Subconjunto para alfa = 0.05		N	Subconjunto para alfa = 0.05		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2		1	2		1	2
<10, 15]	2	88,75		2	172,50		2	25,50	
<5, 10]	2	115,00		2	208,75		2	29,95	
[0, 5]	2		392,50	2		955,00	2		172,35
p		0,29	1,00		0,68	1,00		0,91	1,00

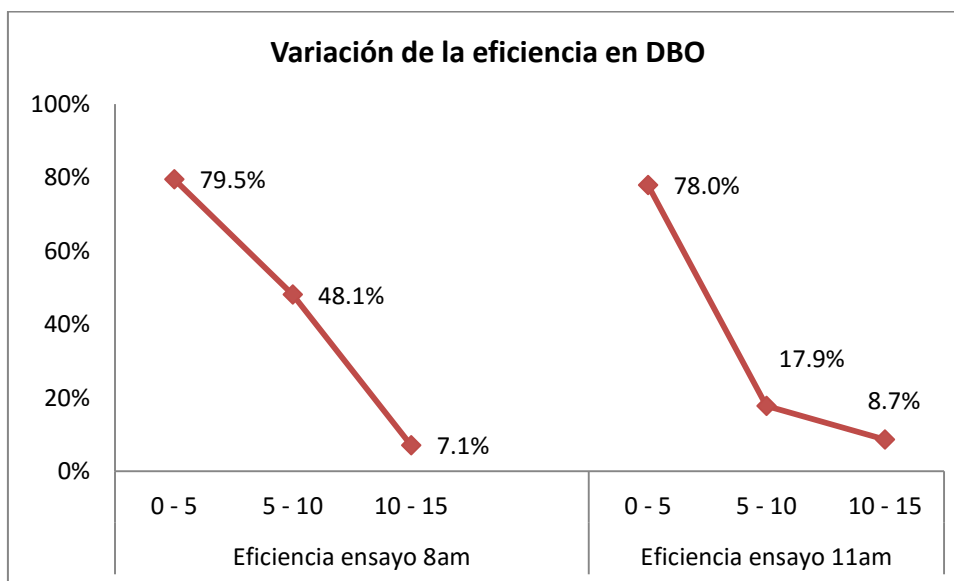
En cuanto al test de ANOVA, solamente en los casos de DBO ( $p=0.001$ ), DQO ( $p=0.004$ ) y Turbiedad ( $p=0.041$ ), se encontraron diferencias significativas en cuanto a la eficiencia las micro-nano burbujas de ozono-aire medidos a diferentes lapsos de tratamiento (0-5, 5-10 y 10-15 minutos)

En el caso de DBO, mediante las pruebas poshoc de Duncan se pudo determinar que en el lapso 0-5 minutos se tuvo una eficiencia diferente en relación a las eficiencias observadas entre los 5-10 y 10-15 minutos.

De igual forma en el caso de DQO, las pruebas poshoc de Duncan determinaron que en el lapso 0-5 minutos se tuvo una eficiencia diferente en relación a las eficiencias observadas entre los 5-10 y 10-15 minutos.

Finalmente, en el caso de Turbiedad las pruebas poshoc de Duncan permitieron establecer que en el lapso 0-5 minutos se tuvo una eficiencia diferente en relación a las eficiencias observadas entre los 5-10 y 10-15 minutos.

✓ **Eficiencia de reducción de la DBO<sub>5</sub>**

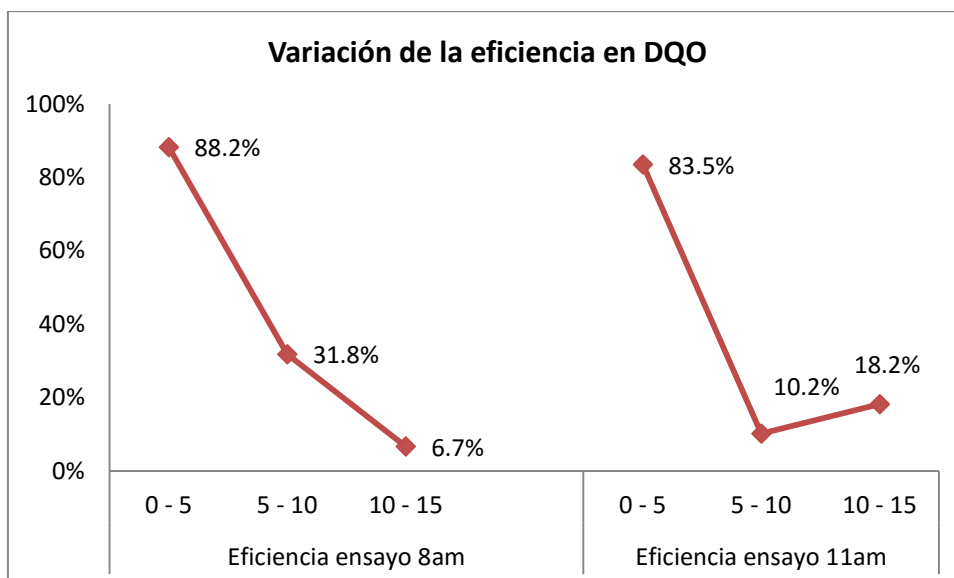


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°19.** Variación de la eficiencia en DBO

En la figura 19 se observa que para ambos ensayos hubo una mayor eficiencia en los primeros 5 minutos, mientras que en los siguientes minutos la eficiencia fue disminuyendo.

✓ **Eficiencia de reducción de la DQO<sub>5</sub>**

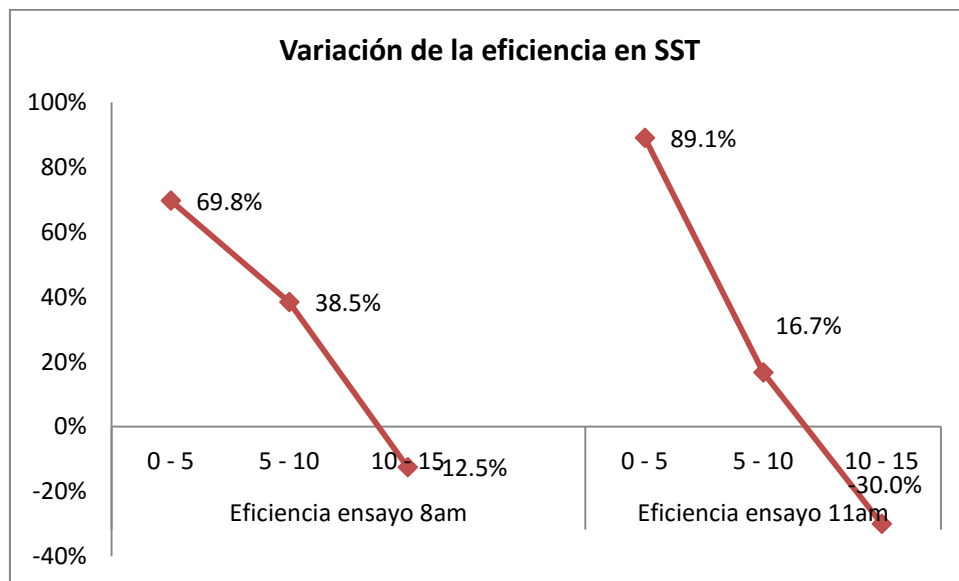


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°20.** Variación de la eficiencia en DQO

En la figura 20 se observa que para ambos ensayos hubo una mayor eficiencia en los primeros 5 minutos, mientras que en los siguientes minutos la eficiencia fue disminuyendo

✓ **Eficiencia de reducción de los SST**

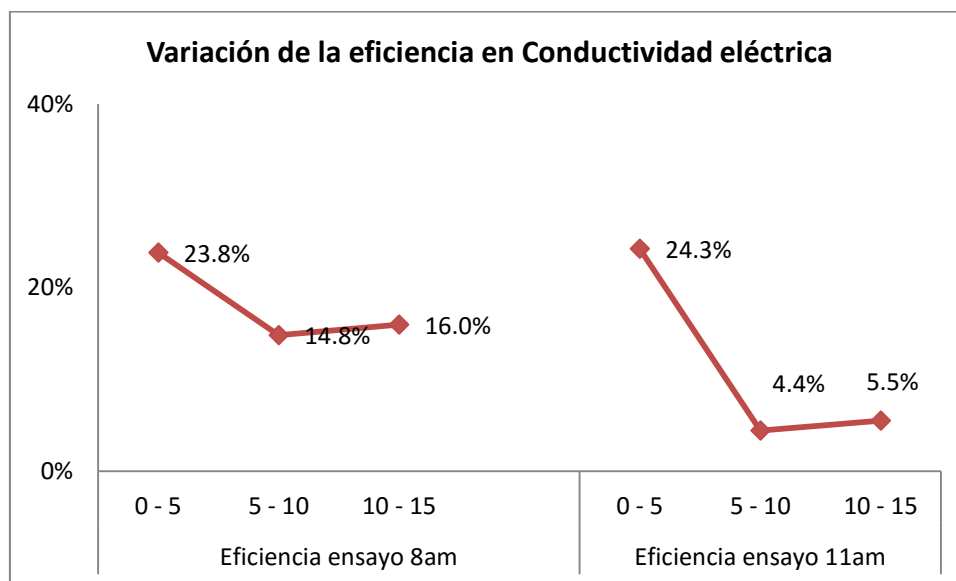


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°21.** Variación de la eficiencia en SST

En la figura 21 se observa que para ambos ensayos hubo una mayor eficiencia de reducción de los SST en los primeros 5 minutos, mientras que en los siguientes minutos la eficiencia fue disminuyendo

✓ **Eficiencia de reducción de la conductividad eléctrica**

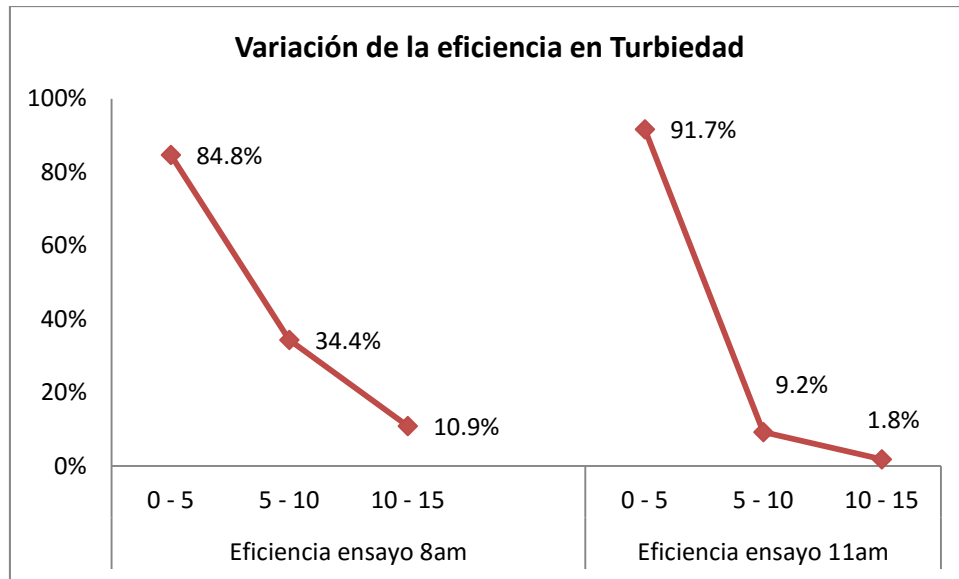


**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°22.** Variación de la eficiencia en Conductividad eléctrica

En la figura 22 se observa que para ambos ensayos hubo una mayor eficiencia de reducción de la conductividad eléctrica en los primeros 5 minutos, mientras que en los siguientes minutos la eficiencia fue disminuyendo.

✓ **Eficiencia de reducción de la turbiedad**



**Fuente:** Elaboración propia

**Figura N°23.** Variación de la eficiencia en Turbiedad

En la figura 23 se observa que para ambos ensayos hubo una mayor eficiencia de reducción de la turbiedad en el intervalo de 0- 5 minutos, mientras que en los siguientes minutos la eficiencia fue disminuyendo.

### Respondiendo a la Hipótesis específica 01

Ha: El tratamiento con micro-nano burbujas de ozono-aire mejora las características químicas del agua

Nivel de confianza=95%

Alfa = 5% = 0.05

Para este caso se aplicaron dos pruebas estadísticas t-Student: se comparó el área bajo la curva de progreso del tratamiento con el área si no hubiese tratamiento, tanto para el caso de DBO así como también para el caso de DQO.

**Tabla N°13**

Estadísticos de DBO y DQO, según el tratamiento con micro-nano burbujas de ozono-aire

Área bajo la curva de evolución	Tratamiento	N	Media	Desviación típ.
DBO	No	2	1942,50	53,03
	Sí	2	596,25	40,66
DQO	No	2	5032,50	816,71
	Sí	2	1336,25	54,80

**Tabla N°14**

Prueba t-Student de DBO y DQO, comparación entre los resultados con tratamiento de micro-nano burbujas de ozono-aire y sin tratamiento

Área bajo la curva de evolución	Prueba T para la igualdad de medias					
	t	gl	p	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
DBO	28,490	2	0,001	1346,25	1142,94	1549,56
DQO	6,386	2	0,024	3696,25	1205,88	6186,62

En la tabla 14, se aprecia que el área de progreso de DBO con tratamiento (media=596.25) fue significativamente diferente ( $p=0.001$ ) respecto de los valores sin tratamiento (media=1942.50). De la misma forma se observa que el área bajo la curva de progreso de DQO con tratamiento (media=1336.25) fue significativamente diferente ( $p=0.024$ ) en relación a los valores sin tratamiento (media=5032.50)

En conclusión, el tratamiento disminuyó los valores de DBO y DQO por lo tanto, el tratamiento con micro-nano burbujas de ozono-aire mejora las características químicas del agua.

### Respondiendo a la Hipótesis específica 02

Ha: El tratamiento con micro-nano burbujas de ozono-aire mejora las características físicas del agua

Nivel de confianza=95%

Alfa = 5% = 0.05

Para este caso se aplicaron dos pruebas estadísticas t-Student: se compararon el área bajo la curva de progreso del tratamiento con micro-nano burbujas de ozono-aire y el área si no hubiese tratamiento, en todos los casos de características físicas del agua.

**Tabla N°15**

Estadísticos de los parámetros físicos, según el tratamiento con micro-nano burbujas de ozono-aire

Área bajo la curva de evolución	Tratamiento	N	Media	Desviación típ.
SST	No	2	1147,50	710,64
	Sí	2	326,25	129,05
Conductividad eléctrica	No	2	11385,00	339,41
	Sí	2	8556,25	631,09
Turbiedad	No	2	933,00	366,99
	Sí	2	227,78	69,12
pH	No	2	113,78	2,23
	Sí	2	124,09	2,17
Temperatura	No	2	321,75	1,06
	Sí	2	316,63	3,36

**Tabla N°16**

Prueba t-Student de los parámetros físicos, comparación entre los resultados con tratamiento de micro-nano burbujas de ozono-aire y sin tratamiento

Área bajo la curva de evolución	Prueba T para la igualdad de medias					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
SST	1,608	2	0,249	821,25	-1376,19	3018,69
Conductividad eléctrica	5,583	2	0,031	2828,75	648,62	5008,88
Turbiedad	2,671	2	0,116	705,23	-430,94	1841,39
pH	-4,685	2	0,043	-10,31	-19,78	-0,84
Temperatura	2,058	2	0,176	5,13	-5,59	15,84

En la tabla 16, se aprecia que el área de progreso de Conductividad eléctrica con tratamiento (media=8556,25) fue significativamente diferente ( $p=0.031$ ) respecto de los valores sin tratamiento (media=11385,00). De la misma forma



se observa que el área bajo la curva de progreso de pH con tratamiento (media=124,09) fue significativamente diferente ( $p=0.043$ ) en relación a los valores sin tratamiento (media=113,78). Sin embargo en el resto de los casos: SST, Turbiedad y Temperatura, no se hallaron diferencias significativas con el tratamiento respecto del no tratamiento.

En conclusión, el tratamiento mejoró las características físicas del agua en cuanto a Conductividad eléctrica y pH, pero no en los parámetros de SST, Turbiedad y Temperatura.

## **IV. DISCUSIÓN**

- ✓ En el presente estudio se pudo evidenciar una eficiencia de reducción en el tratamiento en un 79.5% para la DBO<sub>5</sub> y 83.5% para la BQOs; mientras que Grisales et. al., (2012) en su investigación titulada remoción de la materia orgánica y toxicidad en aguas residuales hospitalarias aplicando ozono, obtuvieron un 70% de reducción para la DQO/DBO<sub>5</sub>.
- ✓ Cruz en su investigación, reducción de coliformes presentes en aguas residuales domesticas mediante micro-nano burbujas de aire-ozono, donde también evaluó la eficiencia de reducción de la DBO<sub>5</sub> y los SST donde obtuvo una reducción del 82.63% y 74.76% respectivamente en un sistema por dosificación. En el presente estudio se trabajó por un sistema continuo donde se obtuvo eficiencias para la DBO<sub>5</sub> y para SST de 78.75% y 79.45 respectivamente.

## **V. CONCLUSIONES**

- ✓ Se puede concluir que se acepta la hipótesis general, porque según las pruebas estadísticas la eficiencia no es constante en los intervalos de tiempo 0-5, 5-10 y 10-15 minutos.
  
- ✓ En la mayoría de los casos se observó que en el intervalo de 0-5 minutos hubo mayor eficiencia en el tratamiento con micro-nano burbujas ozono-aire, teniendo como promedio entre los dos ensayos de las 8:00am y el de las 11:00am los siguientes porcentajes: para la DBO<sub>5</sub> redujo en 78.75%, DQO<sub>5</sub> en 85.8%, SST en 79.4%, conductividad eléctrica en 24.5% y para la turbiedad en 88.2%
  
- ✓ Se puede concluir que estadísticamente la DBO, DQO y la turbiedad si mejoran con la aplicación del tratamiento con micro-nano burbujas ozono-aire.
  
- ✓ Se puede concluir que estadísticamente la turbiedad, conductividad eléctrica y PH si mejoran con la aplicación del tratamiento con micro-nano burbujas ozono-aire.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- ✓ Tal como se dio a conocer en el presente estudio, en el Perú no se realiza ningún tratamiento a las aguas residuales hospitalarias antes de ser descartadas al alcantarillado municipal por lo que recomendaría que se realice ya que la magnitud del impacto puede ser negativo para el medio ambiente.
- ✓ Se sugiere realizar otros estudios en el Perú para el tratamiento de aguas residuales hospitalarias utilizando otros métodos a fin de poder comparar la eficiencia con las MNBs.
- ✓ Se sugiere emplear la micro- nano burbujas para reducir otros contaminantes no tratados en el presente estudio para poder evaluar su eficiencia.

## **VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



ALVARIÑO, C. R. *Aguas residuales generadas en hospitales* Resumen. Revista de Ingeniería Hidráulica y Ambiental [en línea] Cuba 2008. Disponible en: [riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/viewFile/130/129](http://riha.cujae.edu.cu/index.php/riha/article/viewFile/130/129)

ANDREO, M. *Demanda Biológica de Oxígeno (D.B.O.)* [en línea]. Argentina: 2014. [Fecha de consulta: 12 febrero 2017]. Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/DBO.htm>

CARDOZO, J., RODRÍGUEZ, T., Y PORRAS, M. *Remoción de materia orgánica y toxicidad en un reactor anaerobio de biomasa inmovilizada y flujo ascendente tratando agua residual hospitalaria: evaluación preliminar*. [en línea] [Fecha de consulta: 12 mayo 16] Bogotá Colombia 2013. Disponible en: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/3283/2/PorrasTorresMonica2012.pdf>

Rudy Emerson Cruz Pascacio

"Reducción de coliformes presentes en aguas residuales domésticas mediante micro-nano burbujas de aire-ozono en el distrito de Carhuaz, Ancash 2016"

GÓMEZ, J.; VICENTE, José. *Calidad del agua*. 2012. [Fecha de consulta: 15 Abril 2017]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6145/2/Calidad%20de%20Agua%20Unidad%201,2,3.pdf>

GRISALES, D., ORTEGA, J. y RODRIGUEZ, T. *Remoción de la materia orgánica y toxicidad en aguas residuales hospitalarias aplicando ozono* [en línea]. Bogotá Colombia: 2011. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v79n173/a13v79n173.pdf>

MUÑOZ, E. y CHAPARRO, T. *Combinación de procesos de oxidación avanzada y procesos anaerobios para tratamiento de aguas residuales hospitalarias* [en línea] Bogotá, Colombia 2013. [Fecha de consulta: 30 abril 2016]. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/276505/364437>

NUÑEZ, L., y MORETTON, J. *Perfil microbiológico y resistencia bacteriana a desinfectantes en aguas residuales de hospital*. Buenos Aires, Argentina 2006  
Disponible en [www.salud-publica.es/.../bc51015a6507a2e\\_Hig.Sanid.Ambient.6.197-201\(2006\).pdf](http://www.salud-publica.es/.../bc51015a6507a2e_Hig.Sanid.Ambient.6.197-201(2006).pdf).

OEFA *Fiscalización ambiental en aguas residuales* [en línea]. Perú: 2014  
Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)

Organización Mundial de la Salud. *Desechos de las actividades de atención sanitaria. Nota descriptiva n° 253*. 2015. [Fecha de consulta: 24 febrero 2017].  
Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs253/es/>

Palaniappan Arumugam. USA (TORONTO) 2015 *Understanding the Fundamental Mechanisms of a Dynamic Micro-bubble Generator for Water Processing and Cleaning Applications*

RODRÍGUEZ, J., TORRES, P., Y URIBE, I. *Tratamiento de aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca en filtro anaerobio: influencia del medio de soporte*. Scientia et Technica, 3(23) Colombia: 2003 [en línea] [Fecha de consulta: 05 mayo 2016] Disponible en: [revistas.utp.edu.co › Inicio › Vol. 3, núm. 23 \(2003\)](http://revistas.utp.edu.co/Inicio/Vol.3_núm.23(2003))

ROMERO, R. *Microbiología y parasitología Humana. Base Etiológicas de las Enfermedades infecciosas y parasitarias*. México: 2007, 3 Edición. 743-754 pp.

SEIJAS, S. L. *Medicamentos hallado en el agua del Río de la Plata y otros residuos peligrosos líquidos (químicos) vertidos inadecuadamente* [en línea]. Argentina: 2014 Disponible en: [www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/14/CyT\\_14\\_06.pdf](http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf2014/14/CyT_14_06.pdf)

SUMIKURA, M. [et al.]. Ozone micro-bubble disinfection method for wastewater reuse system. *Revista electrónica Water Science & Technology*, 2007, 56(5), pp. 53–61. Disponible en:

<http://wst.iwaponline.com/content/56/5/53.abstract>

TSUGE, Hideki. Micro-and nanobubbles fundamentals and applications.1a.ed.  
EE.UU: Pan Stanford Publishing.2012.352 p. ISBN 978-981-4463-10-2

Tsutomu Uchida,Shu Liu,Masatoshi Enari,Seichi Oshita. Effect of NaCl on the  
Lifetime of Micro- and Nanobubbles.2016

VALVERDE, J. 2017. Avances de las Micro-Nano Burbujas (MNBs) en el  
tratamiento de aguas: ponencia en el Primer Congreso Regional de Estudiantes  
de Ingeniería Ambiental, UNMSM, del 5 al 10 de junio 2016. Lima.

## **VIII. ANEXOS**

## ANEXO 1. NORMALIDAD DE LAS VARIABLES

### Test de normalidad de Shapiro - Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	p
DBO	0,920	6	0,550
DQO	0,921	6	0,561
SST	0,838	6	0,428
Conductividad eléctrica	0,964	6	0,848
Turbiedad	0,810	6	0,135
pH	0,876	6	0,253
Temperatura	0,967	6	0,869

La distribución de las variables fue la Normal ( $p > 0.05$ ) en todos los caso analizados, por lo tanto corresponderá la realización de pruebas estadísticas paramétricas.

## ANEXO 2: ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL DS N°015-2015-MINAM

### CATEGORÍA 3

CATEGORIAS		ECA AGUA: CATEGORIA 3	
PARÁMETRO	UNIDAD	PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES	PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES
		D1: RIEGO DE CULTIVOS DE TALLO ALTO Y BAJO	D2: BEBIDA DE ANIMALES
<b>FÍSICOS - QUÍMICOS</b>			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,2	0,5
Fenoles	mg/l	0,002	0,01
Fluoruros	mg/l	1	**
Nitratos (NO <sub>3</sub> -N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	100	100
Nitritos (NO <sub>2</sub> -N)	mg/l	10	10

**Fuente:** Decreto supremo N° 015-2015-MINAM 2015



### CADENA DE CUSTODIA DE MUESTRAS DE AGUA, SEDIMENTOS, SUELOS Y OTROS

Lab. Lima: Mz. I, Lt 74, Urb. Naranjito - Puente Piedra  
Of. Piura: Jr. Bernal 154, Urb. Bancaria - Piura  
Información: (01)349-4050 - [atencionalcliente@equas.com.pe](mailto:atencionalcliente@equas.com.pe)

Cliente:	Menendez Ortiz Deasree X.		
Procedencia*:	Aguas Residuales Hospitalarias.		
Distrito:	Lima	Provincia:	Lima
Contacto:		Teléfono:	965966630
		Departamento:	Lima
		Correo:	deasree@hchp.hk

**P.T.E. N°:**

ORDEN DE TRABAJO N°:

**CÓDIGO INTERNO**

**Nº:**

\*- Adicionar (si aplica) la Dirección (lugar de muestreo) y el nombre del proyecto.

[illegible]

Control de calidad (Llenado por personal de EQUAS)					Q	M
DM-01						
BV-01			AP-05	S		
BC-01			AP-05	S		
BE-01			AP-05	S		

Q: Químico M: Microbiológico. Si se consideran otros parámetros colocarlos como Observaciones.

Procedimiento de muestreo: I.MOT.

P.T.E.: Propuesta Técnica Económica. P: Preservado. NP: No Preservado. (\*) Ver reverso. Los campos Código interno y Código de Laboratorio son llenados por el laboratorio.

pH: medición de pH T: Medición de Temperatura de la muestra (condición del cooler) E: Envase Adecuado, V: Volumen Mínimo Requerido

Código: F04-P.LAB.01

Version No : 02

Fecha: 07/09/2015

Los resultados de los ensayos de metales tendrán una custodia máxima de 30 días posteriores a la recepción de las muestras en el laboratorio.

**www.equas.com.pe**

[illegible]

Responsable		Firma	Fecha y Hora
Muestreo:	<input type="checkbox"/> Cliente <input type="checkbox"/> Laboratorio		
Cliente / Campo:			
Recepción en Laboratorio:			

CAM/VHC/CRB

Pág. .... de ....

## ANEXO 4: INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO ANTES DEL TRATAMIENTO

### INFORME DE ENSAYO N° A0761/17

**Solicitante** : DESSIREE V. MENENDEZ ORTIZ  
**Dirección** :  
**Procedencia** : AGUAS RESIDUALES HOSPITALARIAS  
 Distrito: Cercado de Lima - Provincia: Lima  
 Departamento: Lima  
**Matriz de la Muestra** : Agua Residual Industrial  
 Fecha de Muestreo : 08 - Julio - 2 017  
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante  
 Fecha y Hora de Recepción : 08 - Julio - 2 017 / 14:30 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 08 al 15 - Julio - 2 017

Código Interno: L0761/17

PARÁMETROS	0761 - 1 <sup>(*)</sup>	0761 - 2 <sup>(*)</sup>	Expresado en:	MÉTODOS DE ENSAYO
	Pto. 01 <sup>(*)</sup> (08:00 h)	Pto. 01 <sup>(*)</sup> (11:00 h)		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días a 20 °C)	132	127	mg DBO/L	APHA 5210 B
Demanda Química de Oxígeno	374	297	mg DQO/L	APHA 5220 D
Sólidos Totales Suspendidos (103 °C)	43	110	mg/L	APHA 2540 D

(\*) Código de Laboratorio

(\*) Código del Solicitante y hora de muestreo

#### REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.-

☐ STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER, 22<sup>nd</sup>, Edic. APHA AWWA, WEF 2012.

#### ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.-

☐ La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 15 de Julio de 2 017.



## ANEXO 5: FICHA N° 1 DE VALIDACION DE INSTRUMENTO.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDÓÑEZ GALVEZ, Jairo Juan  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE DE LA E.A.T.A  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: .....  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: .....

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
9

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90 %

Lima, 17 de Junio del 2016

*[Firma]*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 0841708 Cel. 5281648

## ANEXO 6: FICHA N° 2 DE VALIDACION DE INSTRUMENTO.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Victor R. Zamora Osamara  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación:  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Deessiroe V. Henandez Ortiz

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90

90 %

Lima, 17 Junio del 2016

[Firma]  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 40191406 Telf.:

## ANEXO 7: FICHA N° 3 DE VALIDACION DE INSTRUMENTO.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Valdivia Sergio  
 1.2. Cargo e institución donde labora: .....  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: .....  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Diosirce V. Hernandez Ortiz

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90

90 %

Lima..... 17 Junio del 2016

[Firma]  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No 2208 Telf:.....



## ANEXO 8: FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE CAMPO.

[illegible]

..... de ..... del 2007

77088

20: 8442

clp. 95000

(Nombre y Apellidos)  
Responsable de la Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos

## ANEXO 9: FICHA DE CADENA DE CUSTODIA

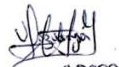
[illegible]

DILAB RM-001-02 REV 03-06

## ANEXO 10: FICHA DE RECOLECCION DE LA MUESTRA.




DATOS DEL MUESTREO												
Identif. Estacion de meustreo	coordenadas UTM		Altitud msnm	Descripcion: Origen, Ubicación(Localidad, distrito.Provinvia- Departamento)	Fecha	Hora	Matriz					Observaciones
	ESTE	NORTE										

  
CIP 17038

  
CIP. 95000

  
CIP: 98972

## ANEXO 11: FICHA DE OBSERVACION.

ANEXO : GUIA DE OBSERVACIÓN	
<b>DQO</b>	
ANALISIS DE ANTES DEL TRATAMEINTO	ANALISIS DESPUES DEL TRATAMEINTO
Inicial DQO (mg/l)	final DQO (mg/l)
<b>DBO</b>	
ANALISIS ANTES DEL TRATAMEINTO	ANALISIS DESPUES DEL TRATAMEINTO
Inicial DBO (mg/l)	final DBO (mg/l)
<b>Eschericha coli</b>	
ANALISIS ANTES DEL TRATAMEINTO	ANALISIS DESPUES DEL TRATAMEINTO
Inicial (NMP/100ml)	final (NMP/100ml)
Revisado y Aprobado por:	 C.P. 2208
Revisado y Aprobado por:	 sup: 89972
Revisado y Aprobado por:	 C.P. 95000

## ANEXO 12. Cargo de Solicitud de autorización para el desarrollo del Proyecto de Tesis.

CARGO

"Año del buen servicio al ciudadano"

. 00559

Solicito: Autorización para desarrollo  
de proyecto de tesis.

Señor:

Dr. Edgardo Vásquez Pérez

DIRECTOR GENERAL DEL HOSPITAL NACIONAL DOCENTE MADRE NIÑO SAN  
BARTOLOMÉ

Deessiree Valery Menendez Ortiz, identificada con DNI N°47162607, domiciliada en la  
av. Tomas Valle 1530 Block.15 Dpto.601-Los Olivos, estudiante del X ciclo de la  
facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo, ante usted con el  
debido respeto me presento y expongo:

Que habiendo realizado un proyecto de investigación titulado **"Eficiencia de las  
micro-nano burbujas para mejorar la calidad de las aguas residuales  
hospitalarias, lima 2017"** para obtener el grado de ingeniera ambiental. Solicito a  
usted su autorización para desarrollar dicho proyecto de investigación en la institución  
que Ud. dignamente dirige.

Para lo cual adjunto lo siguiente:

- ✓ Un ejemplar del proyecto de tesis
- ✓ Un CD
- ✓ Carta de presentación emitida por la escuela de Ingeniería Ambiental de la  
Universidad Cesar Vallejo.
- ✓ Recibo de pago correspondiente.

Por lo tanto solicito a usted acceder a mi petición por ser de justicia.

Lima, 19 de Mayo 2017





Deessiree Valery Menendez Ortiz  
DNI. 47162607



